

**Messung der Todesstarre an männlichen Leichen in situ,
mit Berücksichtigung des Temperatureinflusses**

Franz Rausch

1980.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Rechtsmedizin der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. W. Spann

Messung der Todesstarre an männlichen Leichen in situ,
mit Berücksichtigung des Temperatureinflusses.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde an
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Franz Rausch

aus

Palling

1980

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. W. Spann

Mitberichterstatter: Dr. G. Beier

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31. 1. 1980



Meinen lieben Eltern.

1.1	Einleitung	5
2.1	1. Kapitel	10
2.2	2. Kapitel	15
2.3	3. Kapitel	20
2.4	4. Kapitel	25
2.5	5. Kapitel	30
2.6	6. Kapitel	35
2.7	7. Kapitel	40
2.8	8. Kapitel	45
2.9	9. Kapitel	50
2.10	10. Kapitel	55
2.11	11. Kapitel	60
2.12	12. Kapitel	65
2.13	13. Kapitel	70
2.14	14. Kapitel	75
2.15	15. Kapitel	80
2.16	16. Kapitel	85
2.17	17. Kapitel	90
2.18	18. Kapitel	95
2.19	19. Kapitel	100
2.20	20. Kapitel	105
2.21	21. Kapitel	110
2.22	22. Kapitel	115
2.23	23. Kapitel	120
2.24	24. Kapitel	125
2.25	25. Kapitel	130
2.26	26. Kapitel	135
2.27	27. Kapitel	140
2.28	28. Kapitel	145
2.29	29. Kapitel	150
2.30	30. Kapitel	155
2.31	31. Kapitel	160
2.32	32. Kapitel	165
2.33	33. Kapitel	170
2.34	34. Kapitel	175
2.35	35. Kapitel	180
2.36	36. Kapitel	185
2.37	37. Kapitel	190
2.38	38. Kapitel	195
2.39	39. Kapitel	200
2.40	40. Kapitel	205
2.41	41. Kapitel	210
2.42	42. Kapitel	215
2.43	43. Kapitel	220
2.44	44. Kapitel	225
2.45	45. Kapitel	230
2.46	46. Kapitel	235
2.47	47. Kapitel	240
2.48	48. Kapitel	245
2.49	49. Kapitel	250
2.50	50. Kapitel	255
2.51	51. Kapitel	260
2.52	52. Kapitel	265
2.53	53. Kapitel	270
2.54	54. Kapitel	275
2.55	55. Kapitel	280
2.56	56. Kapitel	285
2.57	57. Kapitel	290
2.58	58. Kapitel	295
2.59	59. Kapitel	300
2.60	60. Kapitel	305
2.61	61. Kapitel	310
2.62	62. Kapitel	315
2.63	63. Kapitel	320
2.64	64. Kapitel	325
2.65	65. Kapitel	330
2.66	66. Kapitel	335
2.67	67. Kapitel	340
2.68	68. Kapitel	345
2.69	69. Kapitel	350
2.70	70. Kapitel	355
2.71	71. Kapitel	360
2.72	72. Kapitel	365
2.73	73. Kapitel	370
2.74	74. Kapitel	375
2.75	75. Kapitel	380
2.76	76. Kapitel	385
2.77	77. Kapitel	390
2.78	78. Kapitel	395
2.79	79. Kapitel	400
2.80	80. Kapitel	405
2.81	81. Kapitel	410
2.82	82. Kapitel	415
2.83	83. Kapitel	420
2.84	84. Kapitel	425
2.85	85. Kapitel	430
2.86	86. Kapitel	435
2.87	87. Kapitel	440
2.88	88. Kapitel	445
2.89	89. Kapitel	450
2.90	90. Kapitel	455
2.91	91. Kapitel	460
2.92	92. Kapitel	465
2.93	93. Kapitel	470
2.94	94. Kapitel	475
2.95	95. Kapitel	480
2.96	96. Kapitel	485
2.97	97. Kapitel	490
2.98	98. Kapitel	495
2.99	99. Kapitel	500
3.00	100. Kapitel	505

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1.0 Einleitung	3
2.0 Material	7
2.1 Untersuchungsgut	7
2.2 Lebensalter	7
2.3 Körpergewicht	7
2.4 Todesursache	7
2.5 Liegezeit	8
3.0 Methodik	11
3.1 Meßapparatur - Kraft	11
3.2 Meßapparatur - kleiner Hebelarm	12
3.3 Praktische Durchführung der Messungen	14
4.0 Meßergebnisse	18
4.1 Meßgrößen	18
4.2 Starremoment, in Abhängigkeit von der Liegezeit	21
4.3 Starremoment, bezogen auf den Muskelquerschnitt	23
4.4 FRR-Index, in Abhängigkeit von der Liegezeit	26
4.5 Einfluß des kleinen Hebelarms	28
5.0 Einfluß der Rektal- und Extremitätentemperatur	30
5.1 Kollektiv der Männer	30
5.2 Kollektiv der Frauen	31
5.3 Fallvergleiche, zwischen Leichen gleicher Gesamt- liegezeit, aber unterschiedlicher Kühlraumliege- zeit am Kollektiv der Frauen und Männer.	33

	Seite
6.0 Zusammenfassung	47
7.0 Literaturverzeichnis	49
	50
	51
	52
	53
	54
	55
	56
	57
	58
	59
	60
	61
	62
	63
	64
	65
	66
	67
	68
	69
	70
	71
	72
	73
	74
	75
	76
	77
	78
	79
	80
	81
	82
	83
	84
	85
	86
	87
	88
	89
	90
	91
	92
	93
	94
	95
	96
	97
	98
	99
	100

Messung der Totenstarre an männlichen Skelettmuskeln in situ, mit Berücksichtigung des Temperatureinflusses.

1.0 Einleitung

Bereits vor geraumer Zeit wurde der Nachweis erbracht, daß die Totenstarre, neben Totenflecken und Anzeichen der Verwesung, eines der drei sicheren Todeszeichen darstellt.

Nachdem bereits im Jahre 1811 Nysten (14), als einer der ersten Wissenschaftler auf diesem Gebiet, seine Arbeit "Von der Erstarrung, welche die Körper der Menschen und Tiere nach dem Tode befällt", veröffentlichte, befaßten sich nun schon mehrere Autoren mit der Entstehung und dem Verlauf der Totenstarre.

Mangold (10) veröffentlichte 1922 eine Arbeit über den zeitlichen Ablauf der Totenstarre. Nach seinen Untersuchungen setzt die Totenstarre 3 Stunden post mortem ein und erreicht ihren Höchstwert nach 24 Stunden.

Mallach (9) (1964 z.T. nicht veröffentlicht) berechnete aus 28 Literaturstellen zwischen 1811 und 1960 Mittelwerte und Standardabweichungen für den Ablauf der Totenstarre bei Erwachsenen.

Morgenstern (13) hat bereits im Jahre 1927 den Einfluß der Temperatur auf die Leichenstarre beschrieben. Nach seinen Untersuchungen kann sich die voll ausgebildete

Totenstarre je nach Temperatur zwischen dem 1. bis 12. Tag post mortem lösen.

In jüngster Zeit haben Forster, Ropohl und Raule (5/6) den Ablauf der Totenstarre eingehend untersucht und ein Meßverfahren vorgeschlagen, das die Feststellung exakter Starrewerte ermöglicht.

Zur Erfassung der Totenstarre haben Forster et al (6) eine Formel entwickelt, mit deren Hilfe man den sogenannten Starreindex (FRR-Index) ermitteln kann.

Der FRR-Index wird als Maß für die zur Überwindung der Starre erforderlichen Maximalkraft, bezogen auf den Muskelquerschnitt, angesehen. (Einzelheiten unter 4.4)

Oppenheim und Wacker (15) berichteten 1919 über Messungen der Totenstarre an 70 Leichen. Zur Schätzung der Liegezeit lassen sich diese Messungen jedoch nicht heranziehen, da - gerade um den Einfluß der Liegezeit auszuschalten - nur die Messungen zwischen 8 und 28 Stunden post mortem mitgeteilt werden. Außerdem werden in dieser Arbeit die Temperatureinflüsse nicht genau berücksichtigt.

Oppenheim und Wacker (15) vertreten in ihrem Bericht die Ansicht, daß die Totenstarre unter anderem auch auf den Ernährungszustand der Leiche und somit auf den Glykogengehalt, bzw. die Milchsäurebildung im Muskel, zurückzuführen sei. Somit hat auch die im Muskel gebildete Milchsäure einen entscheidenden Einfluß auf die Intensität der Starre.

Durch einen schlechten Ernährungszustand wird laut Oppenheim und Wacker (15) ein Glykogenmangelzustand hervorgerufen und somit fehlen die Grundbausteine der Milchsäure, welche das Abbauprodukt des Glykogens ist.

Den Untersuchungen von Beier et al (3/4) zufolge, läßt hingegen das gemessene Starremoment allenfalls eine Schätzung der maximalen Liegezeit zu.

Es besteht nun ein großes Interesse daran, durch ein größeres Untersuchungskollektiv die bereits von Forster et al gefundenen Erkenntnisse zu überprüfen, bzw. die von Beier et al erarbeiteten Ergebnisse zu manifestieren.

In dieser Arbeit wird, neben zahlreichen anderen Messungen, an den Beinen von 50 männlichen und 50 weiblichen menschlichen Leichen, also an 200 unteren Extremitäten, die Ausbildung des rigor mortis unter Berücksichtigung der Liegezeit untersucht.

Der experimentelle Teil wurde aus technischen Gründen mit Herrn cand. med. dent. H. Zurl durchgeführt.

Neben der Gesamtliegezeit wird in dieser Arbeit auch der Einfluß der Umgebungs-, Körper- und Extremitätentemperatur auf die Totenstarre am Gesamtkollektiv (Männer und Frauen) untersucht.

Im Gegensatz zu den Arbeiten von Beier (3) und Schuck (4) als auch Pelz und Klein (16), die nur Leichen mit einer Kühlraumliegezeit von 90% der Gesamtliegezeit untersucht haben, werden in dieser Arbeit zur Diskussion der Tempera-

tur jedoch alle für die Messung brauchbaren Leichen herangezogen, d.h. es werden auch Leichen mit unbekannter Temperaturvorgeschichte untersucht.

2.0 Material

2.1 Untersuchungsgut

Die Untersuchung wurde an Leichen durchgeführt, die zur Obduktion in das Institut für Rechtsmedizin der Universität München gebracht wurden. Es handelt sich um 50 männliche und weibliche Leichen, die im Zeitraum zwischen Februar 1978 und Februar 1979 untersucht, gemessen und obduziert wurden. Nähere Angaben zu den weiblichen Leichen finden sich in der Arbeit von Zurl (20).

Sämtliche Messungen wurden ausschließlich vor der Obduktion durchgeführt.

2.2 Lebensalter

Das Alter der untersuchten Leichen lag zwischen 15 und 84 Jahren. (Mittelwert: 47 Jahre)

2.3 Körpergewicht

Das Körpergewicht der Individuen lag zwischen 50,9 und 104,1 kg. (Mittelwert: 77,3 kg)

Bei den untersuchten Leichen handelte es sich bei der Mehrzahl der Fälle um Individuen, die aus voller Gesundheit heraus verstarben.

2.4 Die häufigsten Todesursachen waren:

1. Zentrale Lähmung
2. Coronarverschluß
3. Schädelbasisbruch
4. Vergiftungen
5. Erschießen
6. Erhängen

7. Pneumonie

8. z.T. anatomisch nicht nachweisbar (z.B. Tabletten-
vergiftung)

An fünf Leichen war die Todesart anatomisch nicht nachweisbar.

Die untersuchten Leichen stammten sowohl aus ländlicher als auch aus städtischer Bevölkerung und es fanden sich Angehörige aller sozialer Schichten.

Nur zwei Leichen wiesen Extremitätenbefunde auf, und zwar fehlte jeweils das linke Bein.

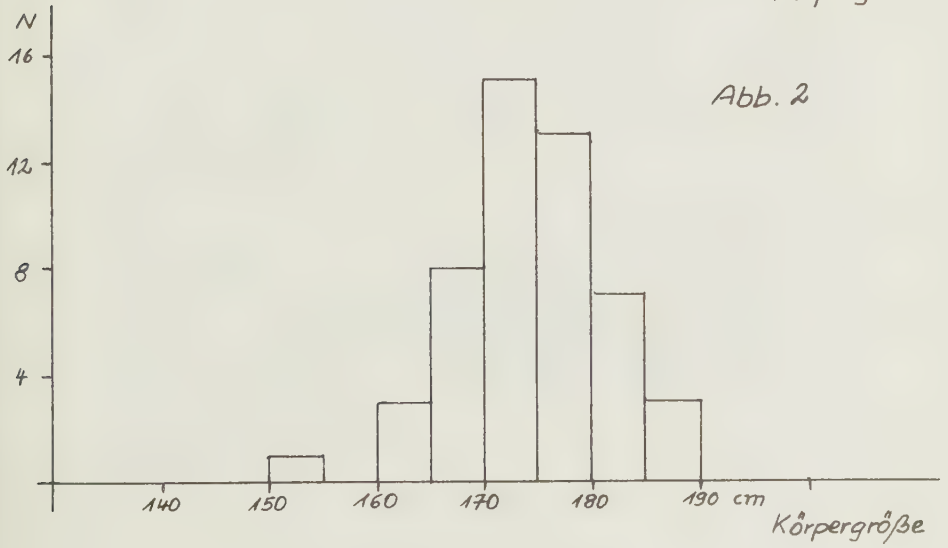
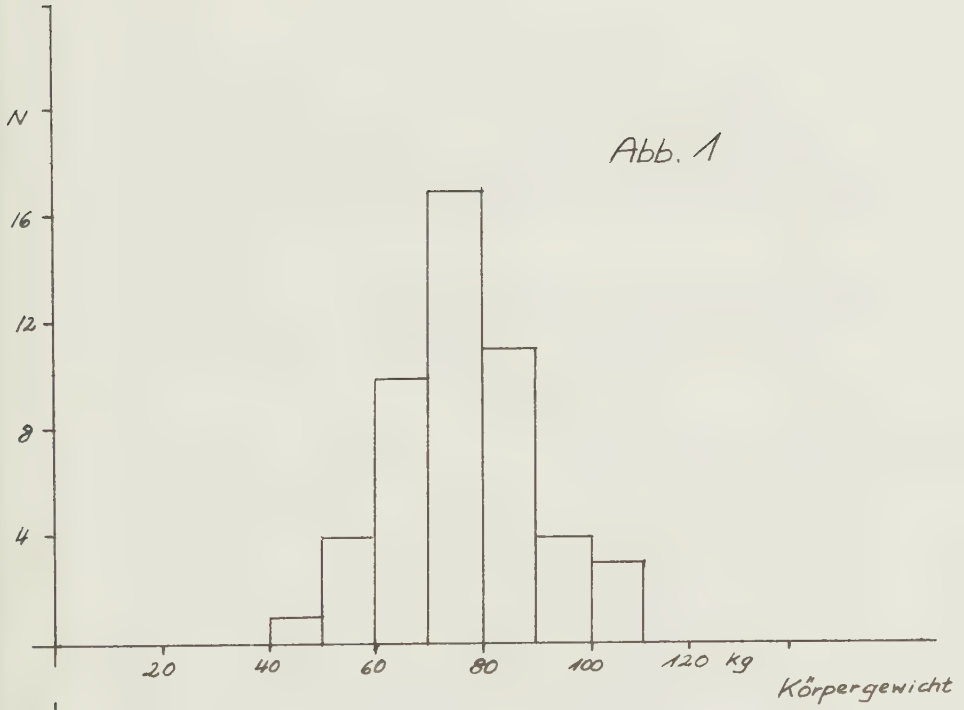
Es handelte sich hierbei um einen 58-jährigen, sowie um einen 78-jährigen Mann. Der Rest der untersuchten Leichen war ohne jegliche Extremitätenbefunde.

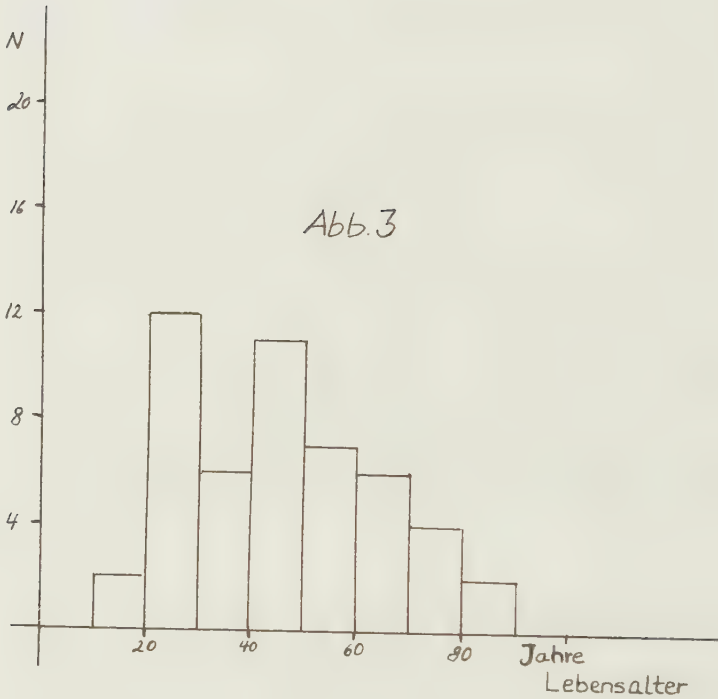
Die Messungen wurden nur an absolut gesunden Extremitäten vorgenommen.

2.5 Liegezeit

Die Gesamtliegezeit ist als der Zeitraum definiert, der vom Eintritt des Todes bis zum Zeitpunkt der Messung verstreicht. Um eine hinreichend genaue Liegezeit zu erhalten, wurden nur diejenigen Leichen untersucht, deren Todeszeitpunkt auf die Stunde genau bekannt war. Der Todeszeitpunkt wurde den jeweiligen Totenscheinen entnommen.

Die Gesamtliegezeit erstreckte sich von 3 bis 144 Stunden.
(Mittelwert: 31,4 Stunden)





Körpergewicht, Körpergröße und Lebensalter sind in den Abb. 1,2,3, histographisch dargestellt.

(N = Anzahl der Leichen)

3.0 Methodik

Um den Einfluß der Liegezeit bzw. der Temperatur auf die Totenstarre untersuchen zu können, mußte vorerst die Kraft, die zum Brechen der Starre notwendig war, gemessen werden.

Dies geschah mit einer Hebelapparatur, die vom Institut für Rechtsmedizin in München zur Verfügung gestellt wurde.

3.1 Meßapparatur - Kraft

Die Meßanordnung war folgendermaßen:

Oberhalb des Kniegelenkspalts wurde ein U-förmig gefertigter Metallsockel eingespannt, an dem ein metallener, an einer Achse drehbarer Hebelarm angebracht war.

Der Oberschenkel wurde durch die U-förmige Eisenkonstruktion am Sektionstisch festgehalten. Die Meßapparatur hingegen, wurde mit einer Schraubzwinge am Sektionstisch befestigt, sodaß sich der Drehpunkt des Zugarmes stets auf gleicher Höhe mit dem Kniegelenk befand.

Zur Bestimmung der Zugkraft wurde ein Zugkraftmesser mittels Ketten zwischen metallenen Hebelarm und Extremität gespannt. Diese Meßanordnung gewährleistete, daß die Zugkraft stets senkrecht auf den Unterschenkel einwirkte. Zwischen Zugkraft und Hebelarm war stets ein Winkel von 90° . (Abb. 4a und 4b)

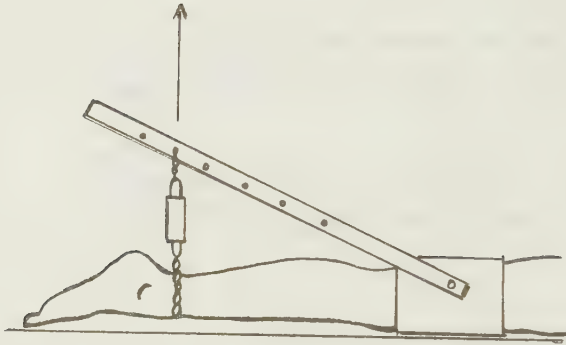


Abb. 4a: Meßapparatur in situ
vor der Messung

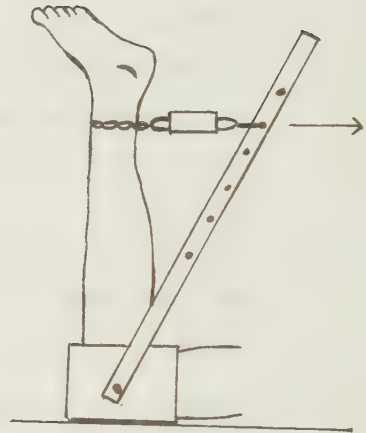


Abb. 4b: Meßapparatur in
situ nach der
Messung

Die zum Brechen der Starre benötigte Kraft wurde mit einem Zugkraftmesser der Fa. Tiedemann/GAP mit Maxiamalwertanzeige gemessen. Die Meßskala war in 300 Skalenteile unterteilt. Die Ablesegenauigkeit betrug 0,5 kp, die Meßgenauigkeit 0,2 kp.

Nach der Starremessung mit dem Zugkraftmesser wurden die Skalenteile in kp umgerechnet.

3.2 Meßapparatur - kleiner Hebelarm

Die Bestimmung des kleinen Hebelarmes ist für die Berechnung des FRR-Index notwendig. (siehe 4.4)

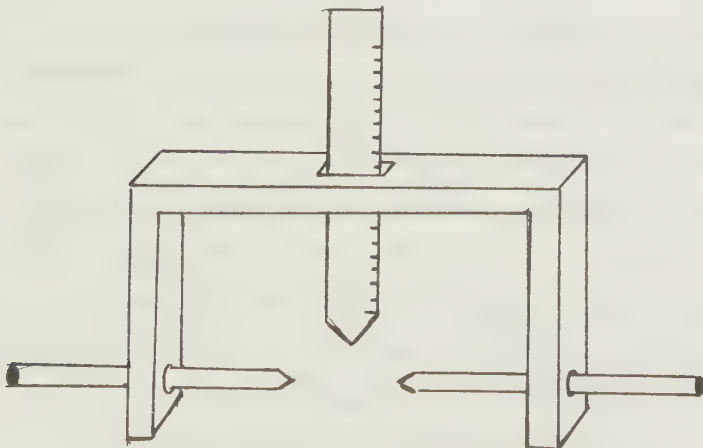
Der kleine Hebelarm ist als der Abstand von der queren Kniegelenksachse bis zur lateralen bzw. medialen Kniescheibenvorderfläche definiert.

Zur Messung des kleinen Hebelarms wurde ebenfalls eine spezielle Meßapparatur entwickelt.

Es handelte sich um ein U-förmiges Meßgerät, (Abb. 5) in dessen Mitte ein Schlitz angebracht war, durch den man ein spitzzulaufendes, linealähnliches Gebilde mit Skaleneinteilung hindurchschieben konnte. Die Skaleneinteilung war in cm angegeben.

An den Seiten der U-förmigen Apparatur waren bewegliche, ebenfalls spitzzulaufende Stifte angebracht, die man je nach Bedarf verschieben konnte.

Abb. 5: Meßapparatur - kleiner Hebelarm



3.3 Praktische Durchführung der Messungen

Kraft (kp)

Gemessen wurde die zum vollständigen Brechen der Starre erforderliche Kraft (kp), und zwar durch Beugung am Kniegelenk, an 100 männlichen unteren Extremitäten.

Die Messungen wurden ausnahmslos vor der Sektion durchgeführt.

Für die Messung wurde die Leiche in Bauchlage gebracht und der Unterschenkel bei fixiertem Oberschenkel nach hinten bis zum Brechen der Starre gebeugt. Es mußte darauf geachtet werden, daß die Kraft stets senkrecht auf der Längsachse des Unterschenkels stand.

Es wurde außerdem berücksichtigt, daß die Drehbewegung mit dem metallenen Hebelarm beim Messen der Starre nicht ruckartig, sondern gleichmäßig ausgeführt wurde, um eine annähernd konstante Winkelgeschwindigkeit einzuhalten. Diese wurde jedoch nicht meßtechnisch erfaßt.

Kleiner Hebelarm (siehe Abb. 6)

Der kleine Hebelarm wurde mit der unter 3.2 abgebildeten Apparatur in gestrecktem Zustand gemessen.

Die Messung wurde folgendermaßen vorgenommen:

Die U-förmige Apparatur wurde am Knie fixiert, indem die lateralen beweglichen Stifte an den epicondylus lateralis und epicondylus medialis geschoben wurden. Anschließend wurde die Spitze des beweglichen in der Mitte liegenden Metalllineals bis auf Knochenkontakt an die Patella her-

angeschoben und der Wert des sogenannten kleinen Hebelarmes abgelesen.

Um möglichst genaue Werte zu erhalten, durfte nicht außer acht gelassen werden, daß die Spitze des Lineals immer senkrecht (90°) bis auf Knochenkontakt eingeschoben wurde.

Zur Wahrung objektiver Ergebnisse muß jedoch erwähnt werden, daß die Messung des kleinen Hebelarmes außerordentlich problematisch war. Besonders bei stark muskulösen oder schwergewichtigen, bzw. fettleibigen Menschen war die Lage der Epicondylen nur schwer festzulegen.

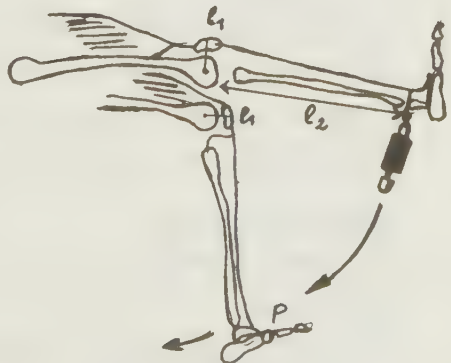
Aus diesem Grund ist anzunehmen, daß sich bei dieser Meßreihe sicher Meßfehler eingeschlichen haben, die sich später in der Berechnung des FRR-Index niederschlugen.

Abb. 6:

P = Zugkraft

l_1 = kleiner Hebelarm (cm)

l_2 = großer Hebelarm (cm)



Oberschenkeltemperatur

Die Oberschenkeltemperatur wurde mit einem Digitaltemperaturmeßgerät gemessen. Der Meßfühler des Gerätes wurde am Halbierungspunkt der Strecke Trochanter major - lateraler Kniegelenkspalt am Oberschenkel bis auf Knochenkontakt vorgeschoben und anschließend wurde die Temperatur abgelesen. Um das derbe Bindegewebe zu durchdringen, wurde die Haut des Oberschenkels mit Hilfe eines schlan- ken Skalpells geschlitzt. Diese Maßnahme hatte sicher kei- nen Einfluß auf die Extremitätentemperatur, da der Muskel schließlich nur mit der Spitze des Meßfühlers durchstoßen wurde.

Rektaltemperatur

Die Rektaltemperatur wurde ebenfalls mit dem bereits oben erwähnten Digitaltemperaturmeßgerät erfaßt. Dabei wurde der Meßfühler möglichst tief in das Rektum geschoben.

Großer Hebelarm

Der große Hebelarm ist als der Abstand zwischen Angriffspunkt der Kraft (Kettenabdruck in Knöchelgegend) und dem lateralen Kniegelenkspalt definiert. Er wurde mit einem Maßband gemessen. (siehe Abb. 6)

Oberschenkelumfang

Der Oberschenkelumfang wurde zweimal meßtechnisch festgehalten:

1. nach Forster et al (orthopädischer Meßpunkt)

Forster et al messen den Oberschenkelumfang 15 cm oberhalb des lateralen Kniegelenkspalts.

2. nach Zurl - Rausch

In dieser Arbeit wurde der Oberschenkelumfang zusätzlich an jenem Punkt gemessen, an welchem die Oberschenkelmuskulatur (Muskelmasse des M. quadriceps femoris) erwartungsgemäß am umfangreichsten ausgebildet ist. Es wird die Strecke Trochanter major und lateraler Kniegelenkspalt halbiert und an diese Stelle der Oberschenkelumfang bestimmt.

Kraftmoment

Die Größe, die zur Bestimmung der Leichenstarre zu messen ist, ist das maximale Kraftmoment, das zum Überwinden (Brechen) der Starre erforderlich ist. Dieses ist gleich dem Produkt aus der aufgewendeten maximalen Kraft und dem großen Hebelarm. Die Dimension ist kpm.

Das maximale Kraftmoment zum Überwinden der Starre wird in der folgenden Arbeit als Starremoment bezeichnet.

4.0 Ergebnisse

4.1 Meßgrößen und Meßwerte

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Meßreihe mit dem jeweiligen Maximal-, Minimal- und Mittelwert aufgeführt.

Tabelle 1

Messung	Maximal-	Minimal-	Mittelwert
Körpergröße (cm)	186,0	154,0	173,5
Körpergewicht (kg)	104,1	50,9	77,34
Rektaltemp. (°C)	30,9	3,9	15,72
Obersch. Temp. rechtes Bein (°C)	22,6	4,1	11,24
Obersch. Temp. linkes Bein (°C)	23,7	4,2	11,27
Temp. Meßtiefe rechtes Bein (cm)	7,0	2,9	4,99
Temp. Meßtiefe linkes Bein (cm)	7,7	1,8	4,85
Gr. Hebelarm rechtes Bein (cm)	43,5	32,0	37,5
Gr. Hebelarm linkes Bein (cm)	44,0	31,5	37,5

Forstsetzung von Tabelle 1

Messung	Maximal-	Minimal-	Mittelwert
Kl. Hebelarm rechtes Bein (cm)	6,8	4,6	5,84
Kl. Hebelarm linkes Bein (cm)	6,6	4,7	5,85
Oberschenkel-Umf. (cm) FRR-rechtes Bein	56,0	32,5	46,03
Oberschenkel-Umf. (cm) FRR-linkes Bein	56,0	34,0	46,53
Oberschenkel-Umf. (cm) Ra/Zu - rechtes Bein	62,0	35,5	50,37
Oberschenkel-Umf. (cm) Ra/Zu - linkes Bein	59,0	35,0	50,72
Kraft (kp) rechtes Bein	119,58	8,03	65,06
Kraft (kp) linkes Bein	116,0	11,42	65,06
Drehmom. (kpm) rechtes Bein	44,29	3,39	23,98
Drehmom. (kpm) linkes Bein	46,75	4,91	23,85

Fortsetzung von Tabelle 1

Messung	Maximal-	Minimal-	Mittelwert
FRR-Wert (kp/cm^2) rechtes Bein	53,9	2,45	21,46
FRR-Wert (kp/cm^2) linkes Bein	65,23	3,46	20,32

4.2 Kraftmomente in Abhängigkeit von der Liegezeit

In der Abb. 7 sind die Kraftmomente, die zum Brechen der Starre an den rechten und linken Beinen notwendig waren, in Abhängigkeit von der Liegezeit graphisch dargestellt.

Auf der Abszisse sind die Liegezeiten in Stunden, auf der Ordinate sind die Kraftmomente in kpm aufgetragen.

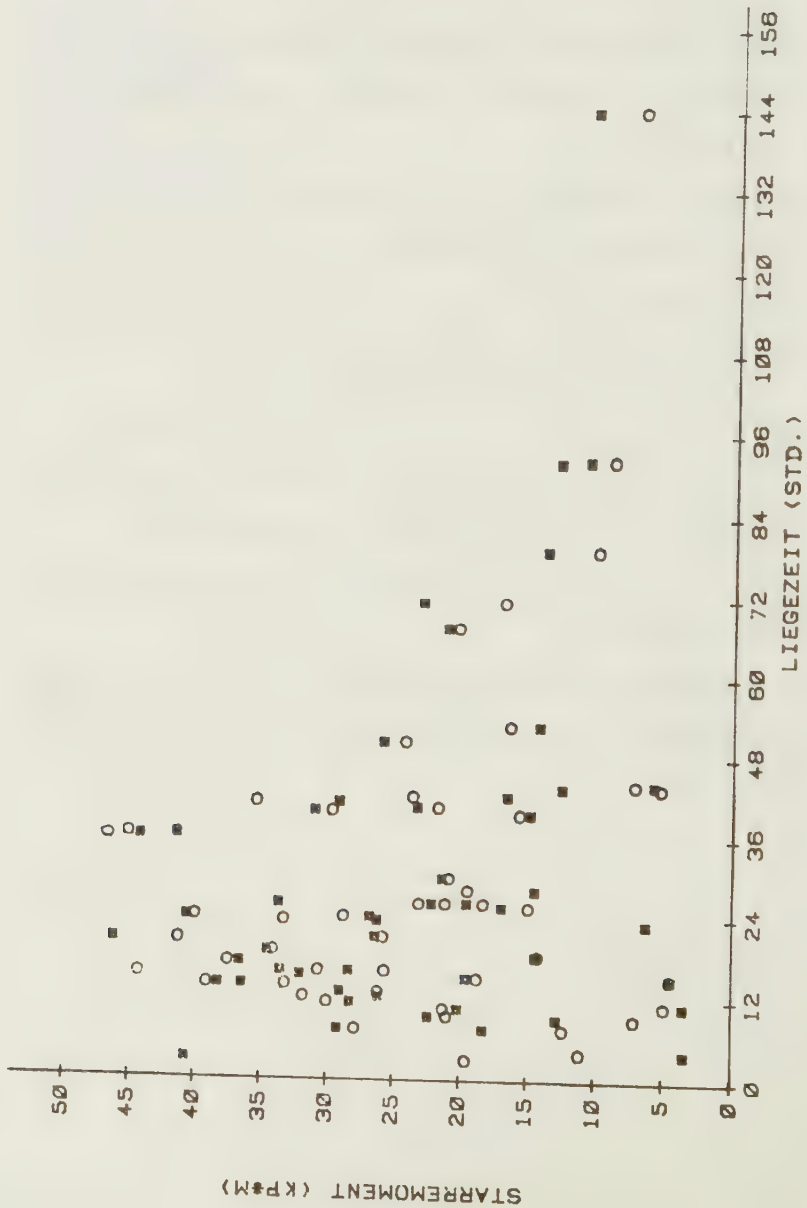
Die Meßwerte für das rechte (gekennzeichnet durch ■) und das linke Bein (gekennzeichnet durch ○) sind jeweils in das Diagramm eingetragen.

Die Starremomente, aufgetragen in Abhängigkeit von der Gesamtliegezeit entsprechen den Ergebnissen von Beier et al (3/4) sowie Pelz und Klein (16).

Für die Starremomente wurde eine relative Streuung von 48% errechnet.

Die Auswertung der Abb. 7 ergibt, daß einem bestimmten Starremoment kein exakter Gesamtliegezeitwert zugeordnet werden kann.

ABB. 7 Beine rechts ■, Beine links ○



4.3 Kraftmomente, bezogen auf den Muskelquerschnitt U^2

Beine

Bereits Oppenheim und Wacker (15) haben in ihrem 1919 veröffentlichten Bericht die Behauptung aufgestellt, daß die Intensität der Totenstarre, neben anderen wichtigen Faktoren, von der Masse der Muskulatur abhängt. In Anbetracht dieses Erkenntnis, haben Oppenheim und Wacker nach jeder Messung den M. rectus femoris präpariert und gewogen.

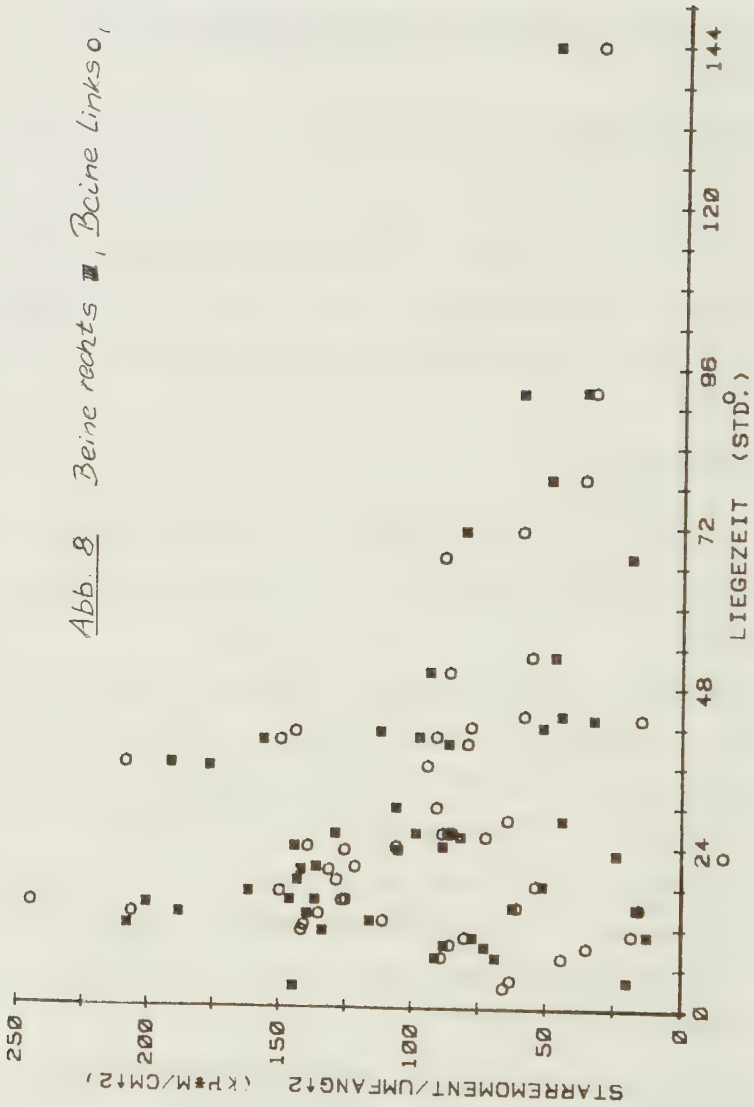
Forster et al (5/6) schlagen hingegen bei der Entwicklung des FRR-Indexes vor, die Dicke der Muskulatur in die Berechnung einzubeziehen. Dazu wurde der Umfang des Oberschenkels, 15 cm oberhalb des Kniegelenkspalts gemessen.

Der Meßwert U wird als Quadrat angegeben, damit die Unterschiede zwischen dicker und dünner Muskulatur entsprechend ihrer Fläche, also ihres Muskelquerschnitts, miteinander in Beziehung gesetzt werden können.

Bezieht man diesem Vorschlag folgend, die Kraftmomente auf das Quadrat des Oberschenkelumfanges, ergibt sich bei graphischer Darstellung folgende Verteilung der Meßwerte: siehe Abb. 8

Auf der Abszisse ist die Liegezeit, auf der Ordinate die Kraftmomente bezogen auf den Muskelquerschnitt, aufgetragen. Als Dimension ergibt sich kpm/cm^2 .

Abb. 8 Beine rechts ■, Beine links ○,



Es wäre zu erwarten, daß größere Muskelstärken bei gleichen Bedingungen höhere Kräfte entwickeln, als geringe Muskelstärken.

Wie bereits erwähnt, wird der Muskelquerschnitt für die Berücksichtigung der Muskelstärke verwandt. In Beziehung auf U^2 , müßten die niedrigen Kraftmomente angehoben und die Spitzenwerte abgebaut werden, sollte die Berücksichtigung der Muskelstärken eine Verbesserung der Meßergebnisse bringen.

Der Vergleich zwischen Abb. 7 und Abb. 8 läßt jedoch eine solche Homogenisierung nicht erkennen, insbesondere finden sich auch in Abb. 8 noch immer sehr niedrige Werte.

Unter Annahme einer Normalverteilung der Starremomente bzw. der berechneten Größe $\text{Starremoment} / \text{Umfang}^2$, wurden die Mittelwerte, sowie die relativen Streuungen der Meßwerte um diese Mittelwerte berechnet.

Für die Starremomente wurde eine relative Streuung von 48%, bei Berücksichtigung auch des Oberschenkelumfanges eine Streuung von 53% ermittelt.

Es zeigt sich somit, daß auch die Streuung der Werte durch Relativierung auf das Quadrat des Umfanges, nicht verbessert wird.

4.4 FRR-Index in Abhängigkeit von der Gesamtliegezeit

Forster et al (5/6) entwickelten 1976 ein Meßverfahren zur besseren Objektivierung von Leichenstarrebefunden.

Parameter, die zum Berechnen des FRR-Index benötigt werden:

p = Zugkraft (kp)

l_1 = Unterschenkellänge (cm) = großer Hebelarm (3.3)

l_2 = kleiner Hebelarm (cm), (3.3)

U = Oberschenkelumfang (cm), gemessen 15 cm oberhalb des Kniegelenkspalts

Aus diesen Parametern haben Forster et al den sogenannten FRR-Index entwickelt.

$$\text{FRR} = \frac{p \times l_1}{U^2 \times l_2} \times 100 \quad (\text{kp/cm}^2)$$

In der folgenden graphischen Darstellung sind die errechneten FRR-Werte in Abhängigkeit von der Liegezeit aufgetragen worden.

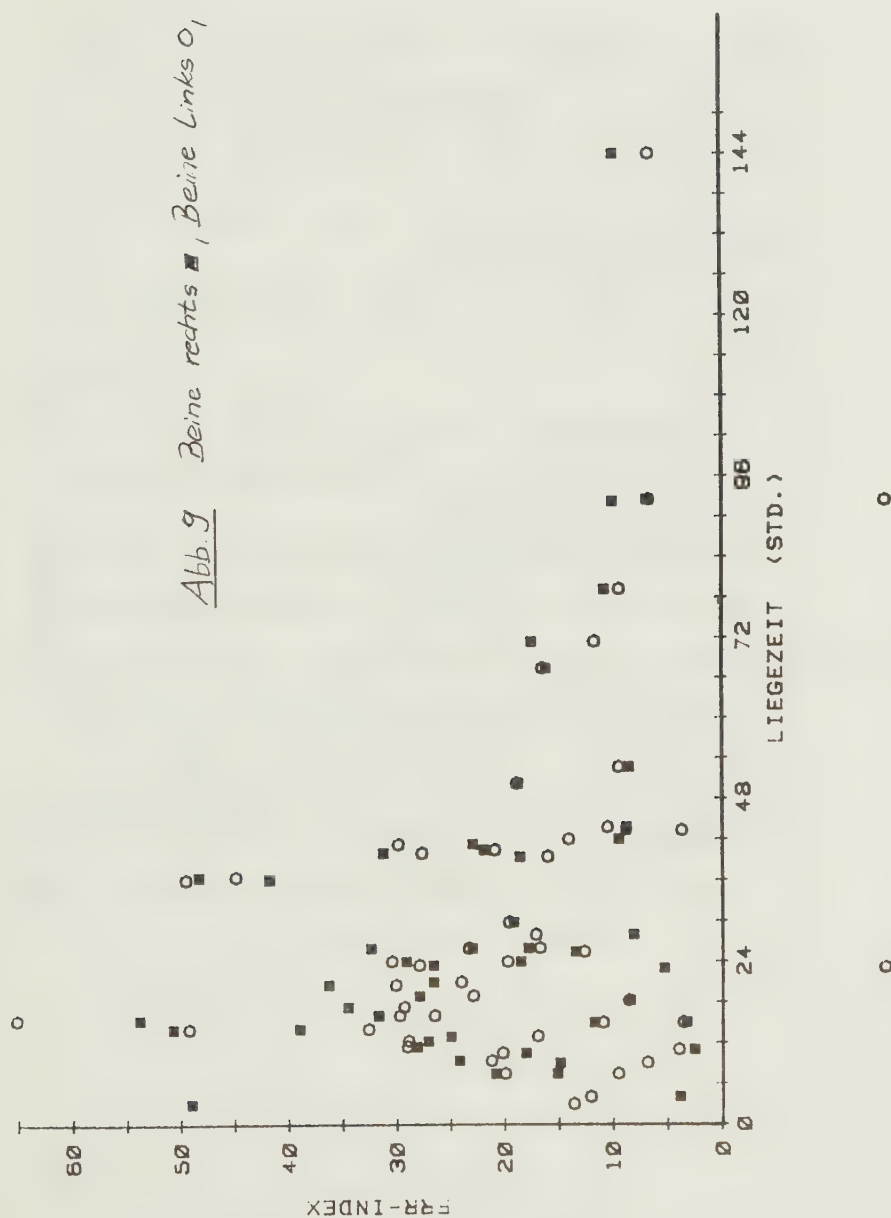
FRR-Werte (kp/cm^2) = Abszisse

Liegezeit in Stunden = Ordinate

Aus der graphischen Darstellung ergeben auch die FRR-Werte keine Homogenisierung. Die relative Streuung liegt mit 60% in der gleichen Größenordnung wie die Starremomente (48%).

Zusätzlich muß an dieser Stelle noch die unsichere Messung des kleinen Hebelarms erwähnt werden, (3.3) welche

Abb. 9 Beine rechts ■, Beine links ○,



sich auf die Berechnung des FRR-Index auswirkt, da der kleine Hebelarm als Rechnungswert in den Nenner des FRR-Index eingeht. Die etwaige Verfälschung des Diagrammes muß deshalb berücksichtigt werden.

4.5 Einfluß des kleinen Hebelarms

Wie bereits erwähnt wurde, spielt der kleine Hebelarm bei der Berechnung des FRR-Index eine erhebliche Rolle.

Die Länge des kleinen Hebelarms lag zwischen 4,7 cm und 7,5 cm. (Mittelwert: 5,8 cm)

In der folgenden Abb. 10 ist der Einfluß des kleinen Hebelarms graphisch dargestellt.

Auf der Ordinate sind die Starremomente/kleinen Hebelarme (kpm/cm) aufgetragen und auf der Abszisse sind nur die Starremomente (kpm) eingezeichnet.

Die graphische Darstellung zeigt, daß die kleinen Hebelarme das Meßergebnis um $\pm 20\%$ verändern können.

Am Gesamtkollektiv führt die Berücksichtigung der kleinen Hebelarme jedoch nicht zu einer Verminderung der relativen Streuung. Bei Division der Starremomente durch die kleinen Hebelarme errechnen sich diese zu 53%.

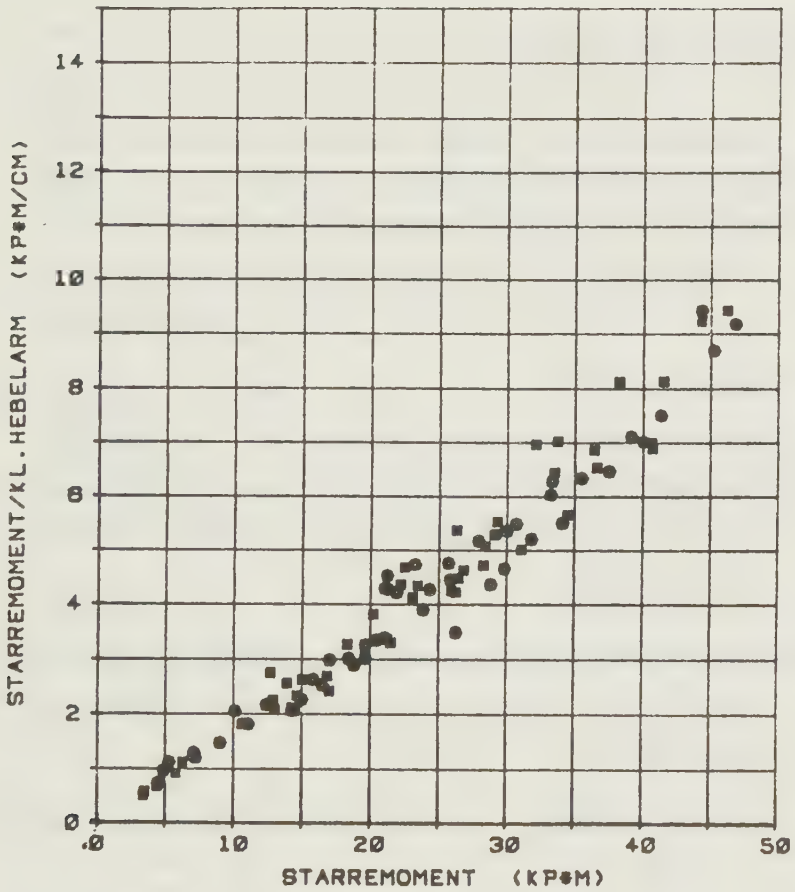


Abb. 10 Einfluß des kl. Hebelarms

5.0 Einfluß der Temperatur

Nach Einlieferung der Leichen in das Institut für Rechtsmedizin in München, wurden diese sofort in einem Kühlraum untergebracht. Die genauen Kühlraumliegezeiten der Leichen wurden außerdem festgehalten.

Die Kühlraumliegezeit ist als die Zeitspanne definiert, welche vom Einlieferungszeitpunkt bis zum Zeitpunkt der Messung verstreicht.

Zusätzlich wurde vor jeder Messung die Kühlraumtemperatur festgehalten. Die Untersuchung des Temperatureinflusses wurde am Kollektiv der Frauen und Männer vorgenommen.

5.1 Kollektiv - Männer

In der Tabelle 2 ist der prozentuale Anteil der Kühlraumliegezeit der Leichen an der Gesamtliegezeit aufgeführt.

Tabelle 2

<u>Anzahl der Leichen</u>	<u>% der Gesamtliegezeit im Kühlraum</u>
10	90 - 100
14	80 - 90
7	70 - 80
2	60 - 70
2	50 - 60
6	40 - 50
3	30 - 40
2	20 - 30
0	10 - 20
4	0 - 10

78% der zur Messung herangezogenen männlichen Leichen lag ≥ 15 Stunden im Kühlraum des Instituts bei $5,3^{\circ} \text{ C} \pm 1^{\circ} \text{ C}$.

90% der zur Messung herangezogenen männlichen Individuen lag ≥ 5 Stunden im Kühlraum bei gleicher Temperatur.

Nur zwei Leichen waren weniger als 5 Stunden im Kühlraum untergebracht.

5.2 Kollektiv - Frauen

Analog wie bei dem Kollektiv der Männer werden in dieser Tabelle der prozentuale Anteil der Kühlraumliegezeit der weiblichen Leichen an der Gesamt liegezeit aufgeführt.

Tabelle 3

<u>Anzahl der Leichen</u>	<u>% der Gesamt liegezeit im Kühlraum</u>
18	90 - 100
10	80 - 90
6	70 - 80
6	60 - 70
2	50 - 60
2	40 - 50
1	30 - 40
0	20 - 30
0	10 - 20
5	0 - 10

82% der zur Messung herangezogenen weiblichen Individuen lag ≥ 15 Stunden im Kühlraum des Instituts bei $5,6^{\circ} \text{ C} \pm 1^{\circ} \text{ C}$.

92% der zur Messung herangezogenen Leichen lag ≥ 5 Stunden im Kühlraum bei gleicher Temperatur.

Die Tabellen 2 und 3 sollen etwas die Temperaturvorgeschichte des Gesamtkollektivs erläutern.

Leichen, welche 90 - 100% der Gesamtliegezeit im Kühlraum aufbewahrt wurden, haben etwa die gleiche Temperaturvorgeschichte. Leichen, die z.B. etwa nur 50% der Gesamtliegezeit im Kühlraum verbracht haben, deren Temperaturvorgeschichte ist weitgehend unbekannt.

In dieser Arbeit werden jedoch, im Gegensatz zu den Arbeiten von Beier et al (3/4), sowie Pelz und Klein (16), sämtliche für die Messung geeignet erscheinenden Leichen herangezogen, um die unterschiedlichen Temperaturmeßwerte und den Einfluß der Temperaturvorgeschichte zu untersuchen.

Ab dem Zeitpunkt der Einlieferung der Leichen in das Rechtsmedizinische Institut war die Temperaturgeschichte der Leichen bekannt, da sämtliche Leichen ab diesem Zeitpunkt unter gleichen Kühlraumtemperaturen aufbewahrt wurden.

Vor Einlieferung der Leichen in das Institut war die Temperaturvorgeschichte weitgehend unbekannt.

Die Extremitätentemperatur hat sich nach ca. 10 - 15 Stunden der Umgebungstemperatur angeglichen. Sie kann also nach dieser Zeitspanne keine Aussage mehr darüber machen, unter welchen Temperaturverhältnissen die Leiche vorher aufbewahrt wurde.

Die Körpertemperatur hingegen, (gemessen an der Rektaltemperatur) gleicht sich wesentlich langsamer der Umgebungstemperatur an. Die Rektaltemperatur gibt daher über eine

längere Zeit Aufschluß über die Temperaturvorgeschichte der Leiche.

Aus diesem Grund wurden bei jeder Leiche, wie bereits unter 3.3 beschrieben, drei Temperaturmeßpunkte gewählt.

1. Oberschenkeltemperatur - rechtes Bein
2. Oberschenkeltemperatur - linkes Bein
3. Rektaltemperatur

5.3 Fallvergleiche, zwischen Leichen gleicher Gesamt- liegezeit, aber unterschiedlicher Kühlraumliegezeit am Kol- lektiv der Männer und Frauen.

In Tierversuchen wurde festgestellt, daß sich die Totenstarre bei höheren Umgebungstemperaturen schneller ausbildet und höhere Werte erreicht, als bei niederen Temperaturen. (Forster (5,7,8), Morgenstern (9), Zink (19))

In den Tabellen 4 und 5 werden Leichen beider Kollektive aufgeführt, welche eine kurze Gesamt-liegezeit haben.

Tabelle 4

Leichen mit einer Gesamt-liegezeit von 9,5 bis 12,5 Stunden - Männer.

Lfd. Nr.	13	31	37	18
Kühlraum-Liegezeit (h)	1,0	1,0	8,4	7,5
Gesamt-Liegezeit (h)	11,0	11,0	12,4	9,5
Rektaltemp. (°C)	24,8	29,7	21,3	12,9
FRR-rechtes B. (kp/cm ²)	2,5	17,9	27,1	24,2
FRR-linkes B. (kp/cm ²)	3,9	20,1	28,9	21,2
Oberschenkel-T. rechts	18,9	22,6	15,3	10,8
Oberschenkel-T. links	20,4	22,1	14,7	11,4
Drehmoment rechts (kpm)	3,45	20,1	26,2	22,5
Drehmoment links (kpm)	4,90	21,3	31,8	21,0

In allen Tabellen werden ausschließlich Meßwerte jener Leichen aufgeführt, die eine objektive Auswertung des Temperatureinflusses zulassen. Zu gleichen Liegezeiten werden Einzelfälle verglichen, um deren Temperaturvorgeschichte zu untersuchen.

Die kurze Gesamtliegezeit von ca. 9 Stunden kann als Beginn der Leichenstarre angesehen werden. (Die Vorphase der Leichenstarre ist bereits verstrichen, die Erstarrungsphase wird eingeleitet.)

Wäre ausschließlich der Parameter "Temperatur" entscheidend, müßten Leichen gleicher Temperatur gleiche Werte zeigen. Die Leichen Nr. 13 und Nr. 31 sind vergleichbare Leichen. Sie zeigen gleiche Werte in der Gesamtliegezeit, wie auch in der Kühlraumliegezeit. Bei diesen beiden Leichen ist die Temperaturvorgeschichte weitgehend unbekannt, da beide nur eine Stunde im Kühlraum aufbewahrt wurden. Die Rektaltemperatur liegt bei Leiche Nr. 31 mit $29,7^{\circ}\text{C}$ um ca. 5°C über der von Nr. 13.

Den Erwartungen entsprechend, besitzt die wärmere Leiche (Nr. 31) das größere Starremoment.

Das Starremoment von Nr. 13 ist ungewöhnlich niedrig. Ob dies nur allein auf die unterschiedlichen Temperaturwerte zurückzuführen ist, oder ob noch andere Faktoren eine Rolle spielen, muß dahingestellt bleiben.

Zum Vergleich seien auch noch die beiden anderen Leichen (Nr. 37 und Nr. 18) erwähnt. Beide Leichen haben ca. 75% der Gesamtliegezeit im Kühlraum verbracht. Trotzdem zeigt Nr. 37 eine höhere Rektaltemperatur ($21,3^{\circ}\text{C}$) als Nr. 18 ($12,9^{\circ}\text{C}$). Nr. 37 besitzt von allen 4 Leichen das größte

Starremoment, obwohl sie niedrigere Temperaturwerte als die Nr. 31 hat. Das Starremoment ist also nicht nur von der Körpertemperatur abhängig.

Die Leiche Nr. 18 hat mit einer Rektaltemperatur von $12,9^{\circ}\text{C}$ eine wesentlich niedrigere Körpertemperatur wie die Leichen mit den Nr. 13 und Nr. 31, besitzt aber trotzdem ein etwa ebenso großes Starremoment wie die Leiche Nr. 31.

Tabelle 5

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 8,9 bis 9,75 Stunden - Frauen.

Lfd. Nr.	12	32	38
Kühlraum-Liegez. (h)	5,8	7,0	9,2
Gesamt-Liegez. (h)	8,9	9,0	9,7
Rektaltemp. ($^{\circ}\text{C}$)	25,4	22,3	27,9
FRR-rechtes B. (kp/cm^2)	14,5	13,0	8,3
FRR-linkes B. (kp/cm^2)	12,2	7,6	7,2
Obersch.temp. rechts ($^{\circ}\text{C}$)	18,6	14,1	19,00
Obersch.temp. links ($^{\circ}\text{C}$)	15,4	11,5	18,00
Drehmoment rechts (kpm)	12,9	7,3	9,1
Drehmoment links (kpm)	10,8	4,5	8,9

In Tabelle 5 sind drei vergleichbare Leichen aufgeführt. Wie bereits am Kollektiv der Männer erwähnt wurde, beginnt sich die Totenstarre nach einer Gesamtliegezeit von 9 Stunden bereits auszubilden.

Die Leiche Nr. 38 besitzt, obwohl sie nahezu 100% der Gesamtliegezeit im Kühlraum lag, die höchsten Temperaturwerte. Die Extremitätentemperaturwerte sind bei den Lei-

chen Nr. 12 und Nr. 38 weitgehend identisch. Sie haben auch annähernd das gleiche Starremoment. Die kälteste Leiche (Nr. 32) zeigt die niedrigsten Starremomente.

Diskussion zu Tab. 4 und 5

In der frühen Phase der Bildung der Leichenstarre, also bei einer Gesamtliegezeit von 5 - 10 Stunden, finden sich Starremomente, die man als "totale Ausreißer" bezeichnen kann. Es zeigt sich nirgends eine eindeutige Relation zwischen Oberschenkel-, bzw. Rektaltemperatur und Starremoment.

Ein entscheidender Einfluß der Umgebungstemperatur auf die Ausbildung des Starremoments läßt sich im aufsteigenden Schenkel der Starremomentkurve zwischen 9 - 12 Stunden nicht feststellen.

Im Rechts-Links-Vergleich der Extremitäten zeigt jeweils die kältere Extremität, mit Ausnahme der Leichen Nr. 18 und Nr. 37, das niedrigere Starremoment.

Tabelle 6

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 15 - 16 Stunden

- Männer.

Lfd. Nr.	49	8	42
Kühlraum-Liegez. (h)	2,0	13,0	12,75
Gesamtliegez. (h)	15,0	15,75	16,00
Rektaltemp. (°C)	30,9	17,4	16,10
FRR-re. Bein (kp/cm ²)	11,7	53,9	31,60
FRR-li. Bein (kp/cm ²)	10,9	65,2	29,70
Obersch.temp. rechts (°C)	22,2	12,8	13,20
Obersch.temp. links (°C)	23,2	14,8	12,00
Drehmom. rechts (kpm)	19,6	32,1	28,40
Drehmom. links (kpm)	18,8	44,3	25,70

Alle drei männlichen Leichen haben dieselbe Gesamt-liegezeit von 15 - 16 Stunden. Die Leichen Nr. 8 und Nr. 42 besitzen zudem auch die gleiche Kühlraum-liegezeit. Die wärmere von den beiden Leichen hat hier ebenfalls das höhere Starremoment.

Die Leiche Nr. 49 hat nur 2 Stunden im Kühlraum verbracht. Sie besitzt die höchsten Temperaturwerte. Trotzdem die Temperaturvorgeschichte weitgehend unbekannt ist, kann auf Grund der hohen Temperaturwerte angenommen werden, daß die Leiche vorher bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurde.

Im Zeitintervall von ca. 15 Stunden beginnt sich das Starremoment voll auszubilden, zumindest liegen die Starremomente im oberen Teil des aufsteigenden Schenkels.

Die Leichen mit den Nr. 8 und Nr. 42 haben trotz ungefähr gleicher Temperaturvorgeschichte unterschiedlich stark ausgebildete Starremomente.

Die Leiche Nr. 8 hat eine geringfügig höhere Rektaltemperatur. Sie besitzt auch das höhere Starremoment.

(Unterschied: ca. 20 kpm)

Tabelle 7

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 14 Stunden - Frauen.

Lfd. Nr.	27	34
Kühlraum-Liegez. (h)	9,5	13,0
Gesamt-Liegez. (h)	14,0	14,0
Rektaltemp. (°C)	26,0	23,3
FRR-re. Bein (kp/cm ²)	11,0	4,2
FRR-li. Bein (kp/cm ²)	10,5	2,2

Fortsetzung von Tabelle 7

Lfd. Nr.	27	34
Obersch.temp. re. ($^{\circ}\text{C}$)	17,0	15,4
Obersch.temp. li. ($^{\circ}\text{C}$)	16,2	15,8
Drehm. re. (kpm)	12,1	3,0
Drehm. li. (kpm)	11,5	1,9

Beide miteinander zu vergleichenden Leichen besitzen eine Gesamtliegezeit von 14 Stunden.

Die Kühlraumliegezeit ist bei der Leiche Nr. 27 um 4,5 Stunden kürzer als bei Leiche Nr. 34, folglich liegen deren Temperaturwerte um einige Grad höher. Die wärmere Leiche (Nr. 27) besitzt wiederum das größere Starremoment.

Diskussion zu Tab. 6 und 7

Im Bereich der maximalen Ausprägung der Leichenstarre, bzw. im oberen Teil des aufsteigenden Schenkels der Starremomentkurve, erkennt man Unterschiede in der Ausprägung der Totenstarre, welche nur mit dem Einfluß anderer Faktoren erklärt werden können.

Bei den Männern zeigen sich gleichfalls starke Schwankungen. Die Leiche Nr. 8 zeigt ein doppelt so hohes Starremoment wie die Leiche Nr. 42, bei gleicher Temperaturvorgeschichte. (d.h. trotz gleicher Temperaturvorgeschichte ergeben sich in der Ausbildung des Starremoments Schwankungen von 50%).

Bei der zum größten Teil außerhalb des Kühlraums gelagerten Leiche Nr. 49 erhebt sich die Frage, ob diese schon den Maximalbereich der Starremomentkurve bereits über-

schritten hat, da das Starremoment deutlich unter dem der beiden anderen Leichen liegt.

Der Rechts-Links-Vergleich zeigt bei beiden Kollektiven eine eindeutige Tendenz. Die jeweils wärmere Extremität hatte das größere Starremoment, mit Ausnahme der Leiche Nr. 34.

Bei einer Gesamtliegezeit von ca. 20 Stunden ist zu erwarten, daß das Maximum der Totenstarre erreicht ist.

Die Erstarrungsphase hat begonnen. (Morgenstern 13)

Wie bereits an Tierversuchen festgestellt wurde, (Forster (5,7,8), Morgenstern (9), Zink (18)) gilt für lange Liegezeiten folgendes:

Je niedriger die Umgebungstemperatur ist, umso höher liegen die Starremomente, da bei niedrigen Temperaturen die Lösung der Starre wesentlich langsamer vor sich geht.

Tabelle 8

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 18 - 24 Stunden.

- Männer

Lfd. Nr.	1	36	6	44
Kühlraum-Liegez. (h)	18,0	18,0	24,0	22,0
Gesamt-Liegez. (h)	21,0	20,5	24,0	23,5
Rektalt. (°C)	16,0	19,7	9,2	16,5
FRR-re. Bein (kp/cm ²)	26,6	36,3	29,1	26,5
FRR-li. Bein (kp/cm ²)	24,9	30,1	30,5	27,8
Obersch.temp. re (°C)	10,0	14,0	9,0	12,5
Obersch.temp. li (°C)	10,8	13,7	9,4	10,5
Drehmoment re. (kpm)	26,4	46,2	40,6	26,3
Drehmoment li. (kpm)	25,8	41,3	40,0	33,3

In der Tabelle 8 haben zwei Leichen (Nr. 1/36) gleiche Kühlraum- und etwa übereinstimmende Gesamtliegezeiten. Die Leiche Nr. 36 hat jedoch um ca. 4° C höhere Temperaturwerte. Obwohl nun beide Leichen die gleiche Temperaturvorgeschichte haben, werden sehr unterschiedlich ausgeprägte Starremomente festgestellt. (wiederum 50%-ige Abweichung in der Intensität des Starremoments)

Es erhebt sich die Frage, ob das um 20 kpm höhere Starremoment bei der Leiche Nr. 36 nur allein von den um ca. 4° C höheren Temperaturwerten abhängt, oder ob noch zusätzlich andere Faktoren neben der Temperatur die Ausbildung der Totenstarre beeinflussen.

Die Leichen Nr. 6 und Nr. 44 haben ebenfalls übereinstimmende Gesamtliegezeiten. Während Nr. 44 nur 22 Stunden im Kühlraum verbrachte, war die Leiche Nr. 6 100% ihrer Gesamtliegezeit im Kühlraum untergebracht. Folglich liegen die Temperaturwerte der Leiche Nr. 44 höher. Das Starremoment ist nun aber bei der kälteren Leiche Nr. 6 um 10 kpm stärker ausgeprägt als bei der wärmeren Leiche Nr. 44.

Tabelle 9

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 26,0 Stunden -
Frauen.

Lfd. Nr.	16	23	47
Kühlraum-Liegez. (h)	19,7	25,5	15,0
Gesamtliegez. (h)	26,0	26,0	26,0
Rektaltemp. ($^{\circ}\text{C}$)	11,6	20,3	10,5
FRR-re. Bein (kp/cm^2)	22,7	8,2	5,3
FRR-li. Bein (kp/cm^2)	21,9	9,2	5,6
Obersch.temp. re ($^{\circ}\text{C}$)	7,4	12,7	8,2
Obersch.temp. li ($^{\circ}\text{C}$)	7,6	9,3	7,3
Drehmoment re (kpm)	20,3	12,2	5,2
Drehmoment li (kpm)	22,2	13,2	5,2

Bei diesen drei weiblichen Leichen werden extreme Unterschiede in der Ausprägung des Starremoments festgestellt. Die Leiche mit der längsten Kühlraumliegezeit (Nr. 23) besitzt die höchsten Temperaturwerte, liegt aber mit dem Starremoment zwischen den Werten der beiden anderen Leichen (Nr. 16/47). Die kälteste Leiche (gemessen an der Rektaltemperatur) hat mit 5,2 kpm das kleinste Starremoment. (Nr. 47) Die geringfügig wärmere Leiche Nr. 16 besitzt dagegen ein um ca. 15 kpm höheres Starremoment.

Diskussion zu Tab. 8 und 9

Auch im Bereich zwischen 18 - 26 Std. Gesamtliegezeit findet sich kein erkennbarer Zusammenhang zwischen Temperatur und Starremoment. Die in der Aufstiegsphase der Starremomentkurve gefundene Relation, daß die jeweils

kältere Extremität das kleinere Starremoment besitzt, läßt sich hier nicht mehr mit gleicher Häufigkeit feststellen.

Der gleiche Trend ist bei den Frauen zu beobachten. Hier werden zusätzlich extreme Unterschiede in der Starremomentintensität beobachtet, für die wiederum andere Einflüsse verantwortlich zu machen sind.

Tabelle 10

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 28 bis 30 Stunden

- Männer.

Lfd. Nr.	10	15
Kühlraum-Liegezeit. (h)	23,5	29,9
Gesamtliegezeit. (h)	28,0	29,9
Rektaltemp. (°C)	10,7	8,3
FRR-re. Bein (kp/cm ²)	8,1	19,2
FRR-li. Bein (kp/cm ²)	17,1	19,6
Obersch.temp. re (°C)	6,3	5,9
Obersch.temp. li (°C)	6,7	4,7
Drehmoment re (kpm)	14,7	21,5
Drehmoment li (kpm)	19,6	20,9

Beim Vergleich von Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 28 - 30 Stunden, erwartet man bereits eine Lösung der Starre. Bei den beiden in Tabelle 10 aufgeführten Leichen ist zu beobachten, daß die langsamer abgekühlte Leiche Nr. 10 das niedrigere Starremoment aufweist. Bei dieser Leiche hat sich die Extremitätentemperatur weitgehend der Kühlraumtemperatur angeglichen. (ebenso Leiche Nr. 15) Trotzdem werden individuelle Unterschiede in der

Ausbildung des Starremoments um 5 kpm beobachtet. Der Rechts-Links-Vergleich zeigt, daß die jeweils kältere Extremität das niedrigere Starremoment besitzt. Es stellt sich die Frage, ob nicht wieder andere Einflußgrößen eine Rolle gespielt haben.

Tabelle 11

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 36 bis 36,5 Stunden - Männer.

Lfd. Nr.	17	19
Kühlraumliegez. (h)	33,9	10,0
Gesamtliegez. (h)	36,0	36,5
Rektaltemp. ($^{\circ}\text{C}$)	9,6	11,1
FRR-re. Bein (kp/cm^2)	41,9	47,4
FRR-li. Bein (kp/cm^2)	49,6	44,9
Obersch.temp. re ($^{\circ}\text{C}$)	6,9	8,8
Obersch.temp. li ($^{\circ}\text{C}$)	6,9	7,7
Drehmoment re. (kpm)	44,3	41,5
Drehmoment li. (kpm)	46,8	45,2

Die in Tabelle 11 aufgeführten Werte zeigen, daß beide Individuen eine gleiche Gesamtliegezeit, jedoch eine unterschiedliche Kühlraumliegezeit haben. Die unterschiedliche Temperaturvorgeschichte schlägt sich in der Rektaltemperatur nieder. Die Leiche Nr. 17 zeigt eine um $1,5^{\circ}\text{C}$ niedrigere Rektaltemperatur. Die kältere Leiche Nr. 17 besitzt das größere Starremoment. Nach einer Gesamtliegezeit von 30 - 40 Stunden, deuten bereits kleine Temperaturunterschiede auf ein unterschiedliches Abkühlungsverhalten hin.

Tabelle 12

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 40 - 42 Stunden - Männer.

Lfd. Nr.	35	48	26
Kühlraumliegez. (h)	18,0	18,0	33,0
Gesamtliegez. (h)	40,0	40,5	42,0
Rektaltemp. (°C)	9,2	11,2	10,4
FRR- re. Bein (kp/cm ²)	31,3	21,9	9,5
FRR- li. Bein (kp/cm ²)	27,7	20,9	14,1
Obersch.temp. re. (°C)	7,2	7,9	7,1
Obersch.temp. li. (°C)	4,2	7,8	8,4
Drehmoment re. (kpm)	31,1	23,4	16,8
Drehmoment li. (kpm)	29,8	21,9	23,8

Die Leichen, der unter Tabelle 12 aufgeführten Männer, haben alle eine unterschiedliche Temperaturvorgeschichte. Trotzdem zeigen alle drei Individuen ungefähr gleiche Temperaturwerte. (Unterschied $\pm 1^{\circ}$ C)

Die kälteste Leiche (Nr. 35) hat das größte Starremoment. Alle Fakten deuten darauf hin, daß die Leiche Nr. 35 vermutlich sofort nach dem Tode in einem Kühlraum aufbewahrt wurde. (Höchster Starrewert, niedrige Temperaturwerte)

Bemerkenswert ist bei diesen drei Individuen auch der Rechts-Links-Vergleich. Die jeweils wärmere Extremität weist das größere Starremoment auf.

Tabelle 13

Leichen mit einer Gesamtliegezeit von 39,5 bis 41 Stunden - Frauen.

Lfd. Nr.	31	37	3
Kühlraum-Liegez. (h)	18,5	37,5	19,0
Gesamtliegez. (h)	40,0	39,5	41,0
Rektaltemp. ($^{\circ}\text{C}$)	10,3	12,4	11,3
FRR-re. Bein (kp/cm^2)	5,1	5,24	18,3
FRR-li. Bein (kp/cm^2)	4,6	6,70	9,9
Obersch.temp. re. ($^{\circ}\text{C}$)	4,2	8,20	6,4
Obersch.temp. li. ($^{\circ}\text{C}$)	3,8	10,20	7,9
Drehmoment re. (kpm)	6,1	6,20	21,3
Drehmoment li. (kpm)	5,5	7,35	14,6

Das Maximum der Starremomentkurve ist bei diesen drei Leichen bereits überschritten. Die Totenstarre befindet sich in der Lösungsphase. Unterschiedliche Temperaturwerte ergeben bei allen drei Leichen unterschiedliche Starremomente.

Die kälteste Leiche (Nr. 31) besitzt das niedrigste Starremoment.

Diskussion zu Tab. 12 und 13

Das Maximum der Starremomentkurve ist bei einer Gesamt-liegezeit von 40 Stunden bereits überschritten. Eine Korrelation der Starremomente zur Rektaltemperatur findet sich weder bei den Frauen noch bei den Männern.

Ein Rechts-Links-Vergleich ergibt:

Extremitäten mit niedrigen Temperaturen weisen oft auch niedrige Drehmomente auf. (Leichen Nr. 31/37/26/35/48)

Mit Ausnahme der Leiche Nr. 3 (Frauen) zeigen beide Kollektive bei einer Gesamtliegendezeit von ca. 40 Stunden die gleiche Tendenz.

Es scheinen außerdem andere Faktoren oftmals eine größere Rolle zu spielen, als der Einfluß der Temperatur.

Die Ergebnisse zeigen, daß der Einfluß der Umgebungstemperatur, abgelesen an der Rektal- und Oberschenkeltemperatur, zwar in der Tendenz den Ergebnissen im Tierversuch bzw. am isolierten Muskel entsprechen, durch andere Einflußparameter jedoch oft überdeckt werden.

Eine feste Korrelation zwischen der Umgebungstemperatur und dem Starremoment, oder gar die Angabe von Korrekturfaktoren, erscheint nicht möglich.

6.0 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Ausbildung der Leichenstarre in Abhängigkeit von der Liegezeit untersucht.

Außerdem wird untersucht, in wieweit eine Korrektur des Starremoments (= maximales Drehmoment zum Brechen der Leichenstarre) durch Berücksichtigung geometrischer Parameter (kleiner Hebelarm, großer Hebelarm, Oberschenkelumfang) und des FRR-Index, eine Verbesserung der Schätzung der Liegezeit bringen.

Zudem wurde untersucht, in wieweit auf Grund der aktuellen Leichentemperatur, gemessen an der Rektal- und Extremitätentemperatur, das Starremoment abgeschätzt werden kann.

Hinsichtlich des Einflusses der geometrischen Bedingungen, (Hebelarm) wurden an 50 männlichen Leichen 100 untere Extremitäten untersucht.

Hinsichtlich des Temperatureinflusses wurden 50 weibliche und 50 männliche Leichen für die Untersuchung herangezogen.

Die Auswertung hat ergeben, daß weder die Berücksichtigung des Oberschenkelumfangs, noch des kleinen Hebelarms, noch beider Größen im sogenannten FRR-Index, eine Verringerung der Streuung der Meßwerte im Sinne einer Anhebung der niedrigen Starremomente, bzw. Verringerung der extremen Spitzenwerte erreicht wird.

Es läßt sich keine Verbesserung der Schätzung der Lie-

gezeit aus der Messung der Leichenstarre durch Einführung dieser Größen erkennen.

Schließt man aus der Rektal- und der Oberschenkeltemperatur auf die Temperaturgeschichte der Leiche, so zeigt sich zwar in der Tendenz, daß, wie im Tierversuch experimentell ermittelt, höhere Umgebungstemperaturen, bzw. langsamere Leichenabkühlung zu einer rascheren Ausbildung und Lösung der Totenstarre führen, daß jedoch in praxi der Einfluß der Temperatur auf die Bildung und Lösung der Leichenstarre offenbar hinter dem Effekt anderer Parameter (körperliche Verfassung, Todesursache) zurücksteht.

7.0 Literatur

- 1 Bate-Smith, E.C., J.R. Bendall
Factors Determining the Time
Course of Rigor Mortis.
J. Physiology (London) 110,
47-65 (1949).
- 2 Bate-Smith, E.C., J.R. Bendall
Changes in Muscle after Death
Brit. med. Bulletin 12, 230 (1956).
- 3 Beier, G., Liebhardt, E., Schuck, M. und Spann W.
Totenstarremessungen an mensch-
lichen Skelettmuskeln in situ.
Z. Rechtsmedizin 79, 277-283 (1977).
- 4 Beier, G., Liebhardt, E., Schuck, M. und Spann W.
Zur Schätzung der Liegezeit durch
Messung der Totenstarre.
Institut f. Rechtsm., München (1977)
- 5 Forster, B., D. Ropohl, P. Raule
Tierexperimentelle Untersuchungen
zur Lösung der Totenstarre.
Vortrag, 51.Tagg.Dtsch.Ges.
Rechtsmed., Wien 1972.

- 6 Forster, B., Ropohl, D., Raule, P.
Eine neue Formel zur Beurteilung
der Totenstarre: Die Feststellung
des FRR-Index.
Z. Rechtsmedizin 80, (1977).
- 7 Forster, B.
The plastic and elastic Deformation
of Skeletal Muscle in Rigor Mortis.
Journal of Forensic Medicine,
Vol. 10, No. 3, July-Dec. 1963.
- 8 Forster, B.
The contractil Deformation of
Skeletal Muscle in Rigor Mortis.
Journal of Forensic Medicine,
Vol. 10, No. 4, Oct.-Dec. 1963.
- 9 Mallach, H.J., Mittmeyer, H.J.
Totenstarre und Totenflecke.
Methodische Auswertung der Todes-
zeit mit Hilfe maschineller Daten-
verarbeitung.
Z. Rechtsmed. 69, 70 (1971).
- 10 Mangold, E.
Der Verlauf der Totenstarre am iso-
lierten und in situ belassenen
Skelettmuskeln von Säugern.
Pflügers Archiv 189/99 (1921).

- 11 Mangold, E. Die Totenstarre
Naturwissenschaften 10, 895 (1922).
- 12 Mittmeyer, H.J. Abhängigkeit der Totenstarre und
Totenflecke vom Leichenalter.
Beitrag z. gerichtl. Medizin 28,
101-107 (1971)
- 13 Morgenstern, S. Experimentelle Ergebnisse zu Frage
des Temperatureinflusses auf die
Leichenstarre.
Dtsch.Z.Ges.Gerichtl.Med. 9,
718 (1927)
- 14 Nysten, Ph. Von der Erstarrung, welche die
Körper des Menschen und der Tiere
nach dem Tode befällt.
Recherches der Physiologie et de
Chémie Pathologique, Paris 1811.
- 15 Oppenheim, Fr., L. Wacker
Das Ausbleiben der postmortalen
Säurebildung im Muskel als Ursache
der verschiedenen Intensität der
Totenstarre menschlicher Leichen.
Berl. Klin. Wochenschr., Bd. II,
990 (1919).

- 16 Pelz, F. Totenstarremessungen an männlichen menschlichen Skelettmuskeln. Med. Dissertation, München 1978.
- 17 Prokop, G. Forensische Medizin
2. Auflage VEB-Verlag, Volk und Gesundheit, Berlin 1966.
- 18 Zink, P. Mechanische Eigenschaften lebensfrischer und totenstarrer menschlicher Skelettmuskelfasern und ganzer Muskeln.
Z. Rechtsmed. 70, 163-177 (1972).
- 19 Zink, P. Das Verhalten menschlicher Skelettmuskulatur während des Verlaufs der Totenstarre.
Z. Rechtsmedizin 71, 170-173 (1972).
- 20 Zurl, H. Med. Dissertation in Vorbereitung.
München 1979.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. G. Beier für die Überlassung des Themas und für die jederzeitige Hilfe und die Anregungen bei dieser Arbeit.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Dr. M. Schuck und bei Herrn Dr. E. Schuller für deren freundliche Unterstützung bedanken.

Lebenslauf

Name: Franz Georg Rausch

Geburtsdatum: 11. Juli 1952

Geburtsort: Traunstein

Eltern: Hans Rausch, Landwirt
Anna Rausch, Hausfrau

Ehefrau: Ludmilla Rausch, Dolmetscherin

Schulbildung: 1958 - 1963 Volksschule Palling
1963 - 1964 Volksschule Ramsau
1964 - 1968 Realschule im Landschulheim
Schloß Brannenburg
1969 - 1973 Staatl. Naturwissenschaftl.
Gymnasium Pfarrkirchen

Studium: 1973 - 1974 Physik/Chemie an der Ludwig-
Maxim.-Universität München
1974 Beginn des Studiums der Zahn-
heilkunde an der Ludwig-Maxi-
milians-Universität München
1975 Naturwissenschaftl. Vorprüfung
1977 Zahnärztliche Vorprüfung
1979 Zahnärztliche Prüfung (Staats-
examen)

